

A photograph of a high-speed train in motion, blurred background, suggesting speed. The train is white with a red stripe and is moving towards the right. The background is a blurred landscape with a blue sky and a yellowish ground.

Desafios Específicos na Conceção de Linhas de Alta Velocidade

A Visão do Projetista

Alexandre Portugal | COBA Group

Desafios Específicos na Conceção de Linhas de Alta Velocidade

A Visão do Projetista

Alexandre Portugal | COBA Group



GROUP
coba

Agenda

- Introdução
- Traçado / Via
- Terraplenagem
 - Aterros
 - Escavações
- Blocos técnicos
- Túneis
- Obras de Arte
- Ambiente
- Notas finais



Desafios Específicos na Conceção de Linhas de Alta Velocidade

A Visão do Projetista

Alexandre Portugal | COBA Group



GROUP
coba

Introdução

Experiência multidisciplinar da COBA em ferrovia

- Antes de 2005 – Linha do Norte
- 2005 a 2011 – RAVE / PPP1
- 2016 em diante – Ferrovia 2020
- 2022 em diante - LAV

Abordagem comparativa: rodovia, ferrovia convencional, ferrovia de alta velocidade

Normas IP e normas internacionais SNCF / UIC / Eurocódigos



Desafios Específicos na Conceção de Linhas de Alta Velocidade

A Visão do Projetista

Alexandre Portugal | COBA Group



GROUP
coba

Traçado / Via

Parâmetros Geométricos (valores de referência)

	Autoestradas 120 km/h	Linhas Convencionais 200 km/h	Linhas de Alta Velocidade 300 km/h
Raio mínimo em planta (m)	1000	1720	4490
Sobreelevação/escala	7%	160 mm	160 mm
Pendente máxima	3%	2.5% (linhas novas passageiros)	2.5% (linhas novas passageiros) 1.25 % (linhas novas tráfego misto)
Modo de verificação	Observações das normas	Cálculo dinâmico e estudo de marcha	Cálculo dinâmico e estudo de marcha

Consequências:

- Muito menor flexibilidade na inserção no terreno
- Maior impacto dos “ajustes”

Desafios Específicos na Conceção de Linhas de Alta Velocidade

A Visão do Projetista

Alexandre Portugal | COBA Group

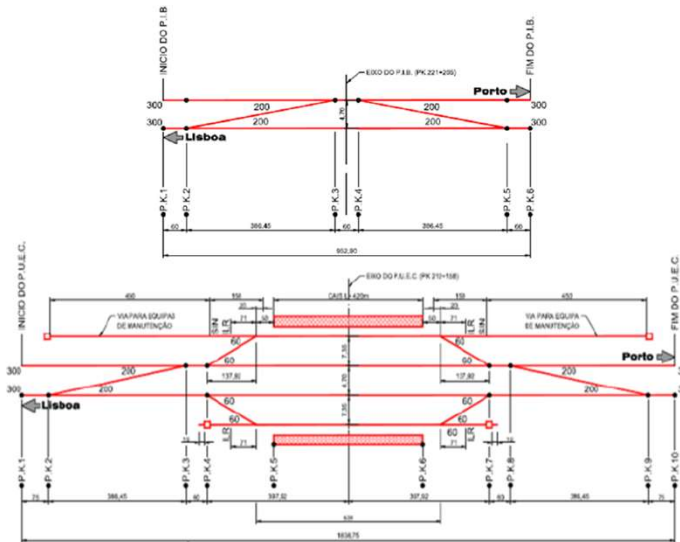


GROUP
coba

Traçado / Via

Outros condicionamentos

- Postos Intermédios de Banalização (PIBs)
- Postos de Ultrapassagem e Estacionamento de Comboios (PUECs)



- Aparelhos de mudança de via → impacto no traçado em planta e perfil

Desafios Específicos na Conceção de Linhas de Alta Velocidade

A Visão do Projetista

Alexandre Portugal | COBA Group



GROUP
coba

Traçado / Via

Consequências

Menor flexibilidade na inserção no território

Difícil (ou mesmo inviável) garantir o equilíbrio nos movimentos de terras (escavação/aterro)

Maior rigor geométrico na construção

Desafios Específicos na Conceção de Linhas de Alta Velocidade

A Visão do Projetista

Alexandre Portugal | COBA Group



GROUP
coba

Terraplenagens - Aterros

Critério fundamental: controle/minimização de assentamentos (totais e diferenciais)

	Autoestradas 120 km/h	Linhas Convencionais 200 km/h	Linhas de Alta Velocidade 300 km/h
Módulo de deformabilidade	-	45 MPa a 60 MPa	45 MPa a 60 MPa
Assentamentos			
Totais	20 cm	10 cm / 100 anos	10 cm / 100 anos
Diferenciais	0,8% (120 mm)	9 mm / 3 m (T) 12 mm / 15 m (L)	3 mm / 3 m (T) 3 mm / 15 m (L)
Altura máxima	30 m	15 m	15 m
Material de coroamento do aterro	EV2 > 80 MPa $e_{min} = 20$ a 60 cm	EV2 > 80 MPa $e_{min} = 35$ a 50 cm	EV2 > 80 MPa $e_{min} = 35$ a 50 cm

Aspetos a ter em conta

- Efeito do carregamento cíclico dinâmico (fadiga)
- Assentamentos associados à fluência (diferidos)

Desafios Específicos na Conceção de Linhas de Alta Velocidade

A Visão do Projetista

Alexandre Portugal | COBA Group



GROUP
coba

Terraplenagens - Escavações

Em escavação risco de queda de blocos ou deslizamentos →

- Valas na base dos taludes
- Revestimento de taludes (enrocamento argamassado, p.ex.)
- Banquetas a cada 12 m



Desafios Específicos na Conceção de Linhas de Alta Velocidade

A Visão do Projetista

Alexandre Portugal | COBA Group



GROUP
coba

Blocos Técnicos

Objetivo

Controle/minimização de assentamentos diferenciais nas transições aterro/obra de arte

	Autoestradas 120 km/h	Linhas Convencionais 200 km/h	Linhas de Alta Velocidade 300 km/h
Assentamento diferencial no bloco		Exigências construtivas	3 mm / 15 m
Assentamento diferencial em zonas de transição			6,7 mm / 10 m
Extensão		1 m a 10 m	> 20 m
Altura máxima de encontros em OAEs			10 m

Aspetos a ter em conta

- Cálculo numérico para determinação de deslocamentos
- Alta sensibilidade às condições de fundação dos aterros

Desafios Específicos na Conceção de Linhas de Alta Velocidade

A Visão do Projetista

Alexandre Portugal | COBA Group

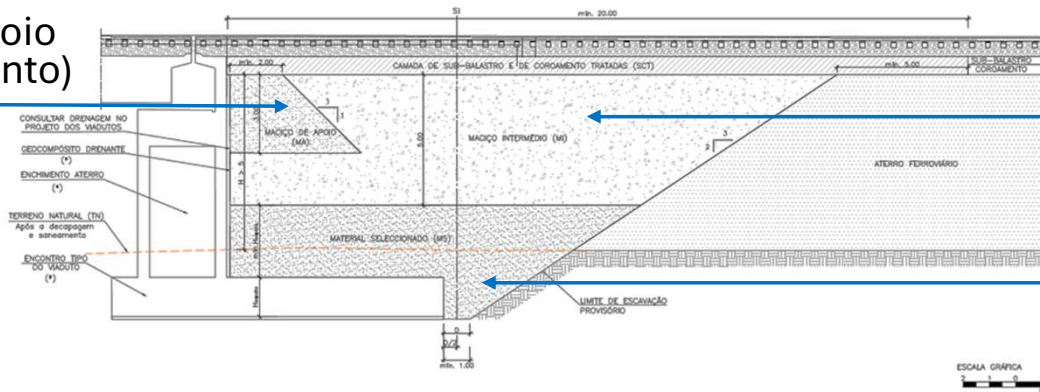


GROUP
coba

Blocos Técnicos

Obra de Arte Especial

Maciço de apoio (tratado cimento)

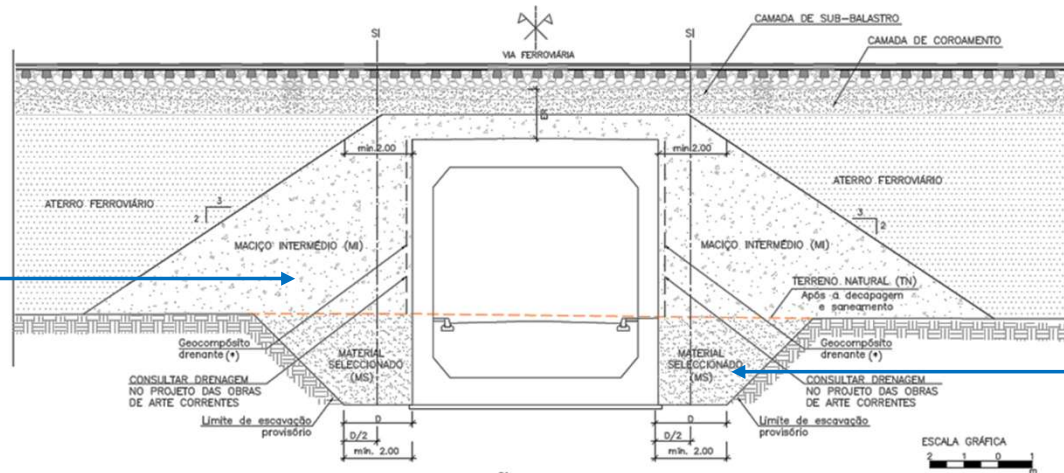


Maciço intermédio

Aterro selecionado

Obra de Arte Corrente

Maciço intermédio



Aterro selecionado

Desafios Específicos na Conceção de Linhas de Alta Velocidade

A Visão do Projetista

Alexandre Portugal | COBA Group



GROUP
coba

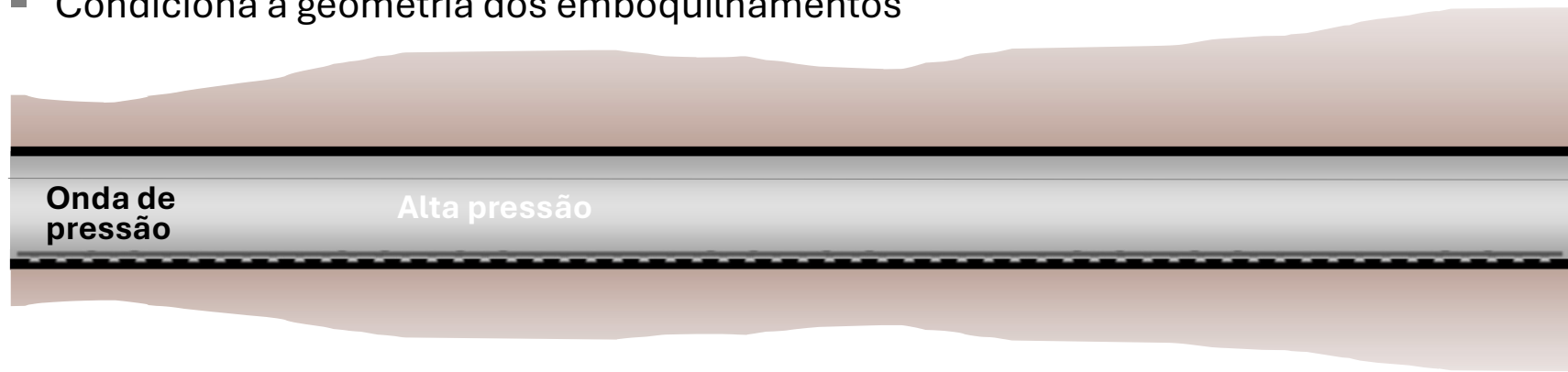
Túneis

A grande questão

Ondas de pressão geradas pela entrada do comboio no túnel

Efeitos

- Nas composições, nos equipamentos fixos e na estrutura do túnel
- Desconforto dos passageiros
- Determina a dimensão da secção do túnel
- Condiciona a geometria dos emboquilhamentos



Desafios Específicos na Conceção de Linhas de Alta Velocidade

A Visão do Projetista

Alexandre Portugal | COBA Group



GROUP
coba

Túneis

Critérios de dimensionamento da secção

- AE – Secção transversal da via e segurança (ventilação e evacuação)
- LC – Gabarits cinemáticos, equipamentos e segurança (ventilação e evacuação)
- LAV - Gabarits cinemáticos, equipamentos e segurança (ventilação e evacuação) e variações de pressão

E ainda um efeito adicional

SONIC BOOM – Descompressão repentina à saída do túnel gera efeito sonoro → Prolongamento da secção para fora do túnel



Desafios Específicos na Conceção de Linhas de Alta Velocidade

A Visão do Projetista

Alexandre Portugal | COBA Group



GROUP
coba

Obras de Arte

Uma comparação qualitativa entre obras ferroviárias e rodoviárias

Os temas comuns (também existem nas obras rodoviárias):

- **Traçado** - Decorre do traçado ferroviário (menos flexível) que as obras são mais condicionadas e complexas para o atravessamento dos obstáculos.
- **Sobrecargas** - As pontes rodoviárias são projetadas para se suportar a si próprias, enquanto que nas ferroviárias o peso do material circulante é da ordem de grandeza do peso próprio.
- **Forças horizontais** - Muito significativas na ferrovia por via do arranque e frenagem do material circulante.
- **Critérios de Dimensionamento** - Mais exigentes, implicando maiores densidades de pré-esforço em betão armado e pré-esforçado.

Desafios Específicos na Conceção de Linhas de Alta Velocidade

A Visão do Projetista

Alexandre Portugal | COBA Group



GROUP
coba

Obras de Arte

Os temas adicionais (que não existem nas obras rodoviárias):

- **Fadiga** - Cargas de grande intensidade e repetitivas
- **Deformabilidade** - Limites muito exigentes conduzem a obras muito rígidas → Impacto negativo no comportamento sob ação sísmica
- **Deformabilidade na transição aterro / obra de arte:**
 - Limitar as alturas totais máximas dos encontros e aterros de transição
 - Executar blocos técnicos para assegurar variação suave da rigidez da infraestrutura da via
- **Interação via-estrutura - Garantia da estabilidade da via e balastro -**
 - Implica:
 - Limitação das tensões nos carris
 - Limitação da deformabilidade da obra

Desafios Específicos na Conceção de Linhas de Alta Velocidade

A Visão do Projetista

Alexandre Portugal | COBA Group



GROUP
coba

Obras de Arte

E ainda:

- **Aparelhos de Dilatação de Via (AD)** - Condicionam o traçado, a implantação e a conceção:
 - A necessidade da sua adoção dependente do comprimento dilatável do tabuleiro.
 - A sua ausência impacta a conceção estrutural (podem não ser evitáveis).
 - A sua utilização condiciona o traçado ferroviário:
 - O AD deve ser implantado em reta e em trainel;
 - Se colocado em curva (excecional), impõe limitação da escala
- **Aparelhos de Mudança de Via (AMV)** - Condicionam o traçado e a implantação das obras:
 - Não é permitido o assentamento de AMV em zonas de transição aterro/obra de arte.
 - Deve evitar-se o assentamento de AMV em pontes e viadutos.

Desafios Específicos na Conceção de Linhas de Alta Velocidade

A Visão do Projetista

Alexandre Portugal | COBA Group



GROUP
coba

Obras de Arte

Uma comparação qualitativa entre obras em LC e em LAV

- O traçado menos flexível na LAV conduz a obras ainda mais condicionadas e complexas.
- Efeito dinâmico das sobrecargas – $V_b > 200 \text{ km/h}$ → **Análise dinâmica** do efeito da passagem do material circulante.
 - Análise dinâmica complexa com interação comboio / carril / balastro /estrutura para:
 - Limitação de acelerações verticais máximas para garantia de estabilidade do balastro
 - Limitação de acelerações no tabuleiro para garantia do conforto do passageiro
 - Validação dos coeficientes dinâmicos de majoração das sobrecargas
 - Análise dinâmica da interação via-estrutura

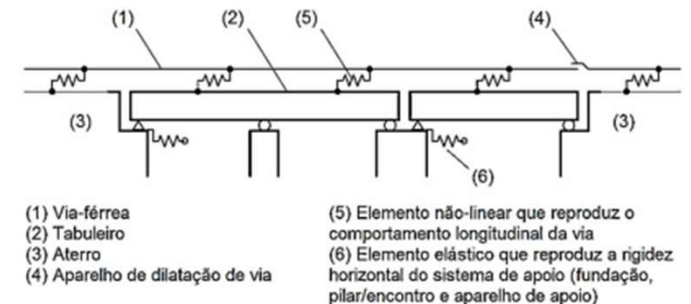


Figura 3.1 – Modelo representativo do sistema via-estrutura (adaptado de EN 1991-2, 2003).

Desafios Específicos na Conceção de Linhas de Alta Velocidade

A Visão do Projetista

Alexandre Portugal | COBA Group



GROUP
coba

Obras de Arte

Uma comparação qualitativa entre obras em LC e em LAV

- **Maior exigência (limitação) na utilização de AD** (traçado, implantação e conceção mais condicionados):
 - Localização do AD a mais de 100 m de curvas verticais ou de pontos de tangência entre trainéis;
 - Distância entre as extremidades de AD superior a 300 m.
- **Maior exigência na utilização de AMV** (traçado, implantação e conceção mais condicionados):
 - Assentamento de AMV a mais de 100 m da obra;
 - Assentamento de AMV a mais de 150 m de um AD

Desafios Específicos na Conceção de Linhas de Alta Velocidade

A Visão do Projetista

Alexandre Portugal | COBA Group



GROUP
coba

Obras de Arte

Um resumo:

- Da **AE** para a **LC**

Aumenta:

Sobrecarga / Préesforço / Rigidez / Peso / Forças horizontais

Novo:

Deformabilidade (blocos técnicos) / Interação Via - Estrutura / ADs / AMVs

- Da **LC** para a **LAV**

Aumenta:

Limitações na colocação de ADs e AMVs

Novo:

Análises dinâmicas (carril / balastro / estrutura)

Desafios Específicos na Conceção de Linhas de Alta Velocidade

A Visão do Projetista

Alexandre Portugal | COBA Group



GROUP
coba

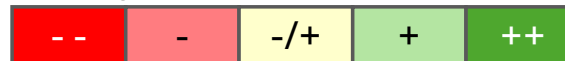
Ambiente

Uma análise comparativa

	Autoestradas 120 km/h	Linhas Convencionais 200 km/h	Linhas de Alta Velocidade 300 km/h
Emissões GEE	Red	Light Green	Dark Green
Uso do solo (desflorestação e fragmentação de habitats)	Red	Light Green	Dark Green
Poluição sonora e vibrações	Red	Yellow	Light Red
Poluição do ar (CO2, NOx e pf)	Red	Light Green (electrificada)	Dark Green
Eficiência energética	Red	Light Green	Dark Green
Gestão do ciclo da água	Red	Light Red	Light Red
Impacto no território	Light Green	Light Red	Red

Análise negativa

Análise Positiva



Desafios Específicos na Conceção de Linhas de Alta Velocidade

A Visão do Projetista

Alexandre Portugal | COBA Group



GROUP
coba

Ambiente

Em síntese

Vantagens ambientais significativas das linhas ferroviárias de alta velocidade

Maiores desafios ao nível da gestão do ruído e vibrações e uso eficiente do solo

Necessidade de tecnologias avançadas (ruído e vibrações)

Importância de balancear os custos ambientais e económicos

Contributo significativo para a Sustentabilidade - Transportes menos poluentes

Desafios Específicos na Conceção de Linhas de Alta Velocidade

A Visão do Projetista

Alexandre Portugal | COBA Group



GROUP
coba

Notas Finais

Desafios técnicos e ambientais bem identificados e dominados

Experiência internacional consolidada - Espanha e França – como referências

Projetos menos “particionáveis”

Engenharia portuguesa bem capacitada: empresas, LNEC e universidades

Projetos desafiantes e transformadores do setor e do País